

Tagungsbeitrag zu:
Jahrestagung der DBG,
Sitzung der Kommission IV

Titel der Tagung:
Horizonte des Bodens

Veranstalter:
DBG

Termin und Ort der Tagung:
2. – 7. September 2017, Göttingen

Berichte der DBG (nicht begutachtete online-Publikation), <http://www.dbges.de>

Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Herbst- N_{\min} -Wert und der gemessenen Nitratauswaschung?

Andreas Schwarz¹, Wolf-Anno Bischoff¹

Schlüsselworte

Nitrat, N_{\min} , Grundwasser, Nitratauswaschung, Stickstoffverluste, Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA)

Einführung und Motivation:

Mit dem Herbst- N_{\min} -Wert wird der Restgehalt an mineralischem Stickstoff (N_{\min}) im Boden zum Ende der Vegetationsperiode bestimmt, in der Regel zwischen Mitte Oktober und Mitte November. Dieser wird häufig mit der N-Auswaschung während des Winterhalbjahres gleichgesetzt. So hängt in Baden-Württemberg die Höhe der Ausgleichszahlungen für Landwirte in Wasserschutzgebieten vom Herbst- N_{\min} -Wert ab (SchALVO, 2001). In anderen Bundesländern existieren ähnliche Regelungen.

In einem 3-jährigen Düngeversuch im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald zeigte sich jedoch, dass die tatsächliche N-Auswaschung während des Winterhalbjahres für Löss deutlich niedriger, für alluviale Kiese und Sande hingegen deutlich höher lag als durch den Herbst- N_{\min} -Wert prognostiziert (Maier et al., 2011; *Abbildung 1*).

Daher stellte sich die Frage, wie eng der Zusammenhang zwischen dem Herbst- N_{\min} -Wert und der N-Auswaschung tatsächlich ist.

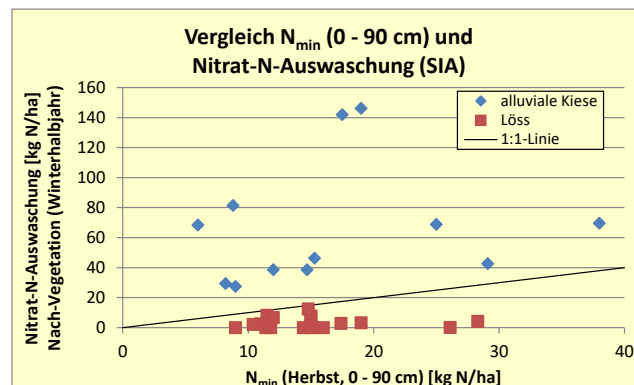


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Herbst- N_{\min} -Gehalt und Nitrat-N-Auswaschung in einem 3-jährigen Projekt, Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald ($n = 30$, Maier et al., 2011).

Hypothesen

Hypothese I

Der Herbst- N_{\min} -Gehalt des Bodens ist ein Maß für die **tatsächliche** N-Auswaschung während der Sickerperiode, weil der mineralische Stickstoff **vollständig** ausgewaschen wird.

Hypothese II

Der Herbst- N_{\min} -Gehalt des Bodens ist ein Maß für das **N-Auswaschungspotenzial** während der Sickerperiode, weil der mineralische Stickstoff **aufgrund von Wasserlimitierung z.T. unvollständig** ausgewaschen wird.

Material und Methoden

Untersuchungsstandorte

Die Schläge liegen in unterschiedlichen Naturräumen in Deutschland (Schwerpunkte: Baden-Württemberg und Hessen). Je Standort und Projekt wurden die Messungen zwischen zwei und fünf Jahre lang durchgeführt.

Herbst- N_{\min} -Gehalte

Zwischen 15.10. und 15.11. wurden die untersuchten Schläge in einer Tiefe von 0 – 90 cm in drei Schichten (0 – 30, 30 – 60, 60 – 90 cm Tiefe) beprobt. In der Regel wurden zehn Einzelproben zu einer Mischprobe vereinigt. In diesen Mischproben wurde der mineralische Reststickstoff (N_{\min}) als Summe von Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+) bestimmt.

¹ Gutachterbüro TerraAquat,
Schellingstr. 43, 72622 Nürtingen,
e-mail: a.schwarz@terraquat.com

In Wasserschutzgebieten wird dieser Herbst- N_{\min} -Wert häufig als Maß für die Nitratauswaschung in der kommenden Sickerperiode (Winterhalbjahr) und damit als Grundlage für Förderleistungen herangezogen (SchALVO, 2001).

Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA)

Zur Messung der flächenbezogenen Nitratauswaschung wurden Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA) in 1 m Tiefe und damit unterhalb des Hauptwurzelraumes installiert (Bischoff, 2009).

Die Installation erfolgte von einer Grube aus seitlich unter den ungestörten Boden. Nach dem Einbau wurden die Gruben verfüllt, so dass keinerlei Einschränkungen für die Bewirtschaftung des Schlags bestanden. Die SIA entziehen dem Sickerwasser das Nitrat und legen es auf geeigneten Adsorbern fest. Nach dem Ausbau der SIA erhält man durch Rücktausch des adsorbierten Nitrats die flächenbezogene Nitratauswaschung als Gesamtfracht in kg N/ha.

Um die Heterogenität der Flächen erfassen zu können, wurden die SIA auf jedem Schlag bzw. in jeder Variante in zehnfacher Wiederholung installiert.

Die SIA, die in diese Auswertung einbezogen wurden, wurden im Herbst (September/Oktobre) installiert und entweder im folgenden Frühjahr (halbjährliche Messperiode) oder im Herbst (ganzjährige Messperiode) wieder ausgebaut. Aufgrund der geringen Nettosickerung während des Sommerhalbjahres ist hier die Nitratauswaschung meist gering.

Datengrundlage

Seit etwa 20 Jahren messen wir unter verschiedenen Fragestellungen die Nitratauswaschung mit dem Sickerwasser. Auf denselben Schlägen wurden teilweise auch die Herbst- N_{\min} -Gehalte bestimmt. Für 1669 Einzeldatensätze liegen die benötigten Wertepaare vor. Darüber hinaus wurde für fast alle Standorte die Textur bestimmt.

Statistische Auswertung

In die statistische Auswertung wurden 1669 Datenpaare Herbst- N_{\min} vs. Auswaschung

einbezogen. Die Daten stammen alle aus Praxisprojekten in Baden-Württemberg und Hessen aus den Jahren 1998 bis 2016. Um eine größtmögliche Homogenität des Datensatzes zu gewährleisten, beschränkte sich die Analyse auf Ackerstandorte.

Es wurde unterschieden zwischen **sandigen Standorten** (Korngröße Sand dominiert), **reinen Schluffen (Lössen)** (Uu, Ut2) und **Lösslehm/tonigen Schluffen** (Ut3, Ut4, Tu4).

Die Auswertung erfolgte mit dem Programm R-Studio, Version 1.0.143 durchgeführt.

Ergebnisse

Alle Standorte

Über alle Standorte ergab sich (v.a. aufgrund der hohen Anzahl $n = 1669$) ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen dem Herbst- N_{\min} -Gehalt und der Nitratauswaschung (*Abbildung 2*). Aufgrund von Heterogenitäten der Standorte lag die Streuung sehr hoch ($R^2 = 0,02!$). Eine Vorhersage der Nitratauswaschung während des Winterhalbjahres aufgrund des Herbst- N_{\min} -Gehaltes war demnach nicht möglich.

Die Steigung der Ausgleichsgeraden lag bei 0,45. Dies bedeutet, dass die Auswaschung im Mittel nur halb so hoch war wie die N-Vorräte im Herbst. Ein Teil des Rest- N_{\min} -Gehaltes verblieb also im Boden.

Sandige Böden

Für die 199 Wertepaare auf Standorten mit sandiger Textur ergab sich kein signifikanter Zusammenhang (*Abbildung 3*). Auch war die Steigung der Ausgleichsgerade nahezu Null. Auf diesen Schlägen lieferte der Herbst- N_{\min} -Gehalt also keinerlei Hinweis auf die tatsächliche N-Auswaschung während des Winterhalbjahres.

Ursachen hierfür dürften die hohe Wasserleitfähigkeit und die geringe Wasserspeicherkapazität sein, die dazu führen können, dass Reststickstoffgehalte im Herbst bereits vor der Herbst- N_{\min} -Beprobung ausgewaschen wurde. Zusätzlich wurde auf einigen der Standorte vermutlich Stickstoff während des Winters durch Mineralisierung nachgeliefert und ebenfalls ausgewaschen.

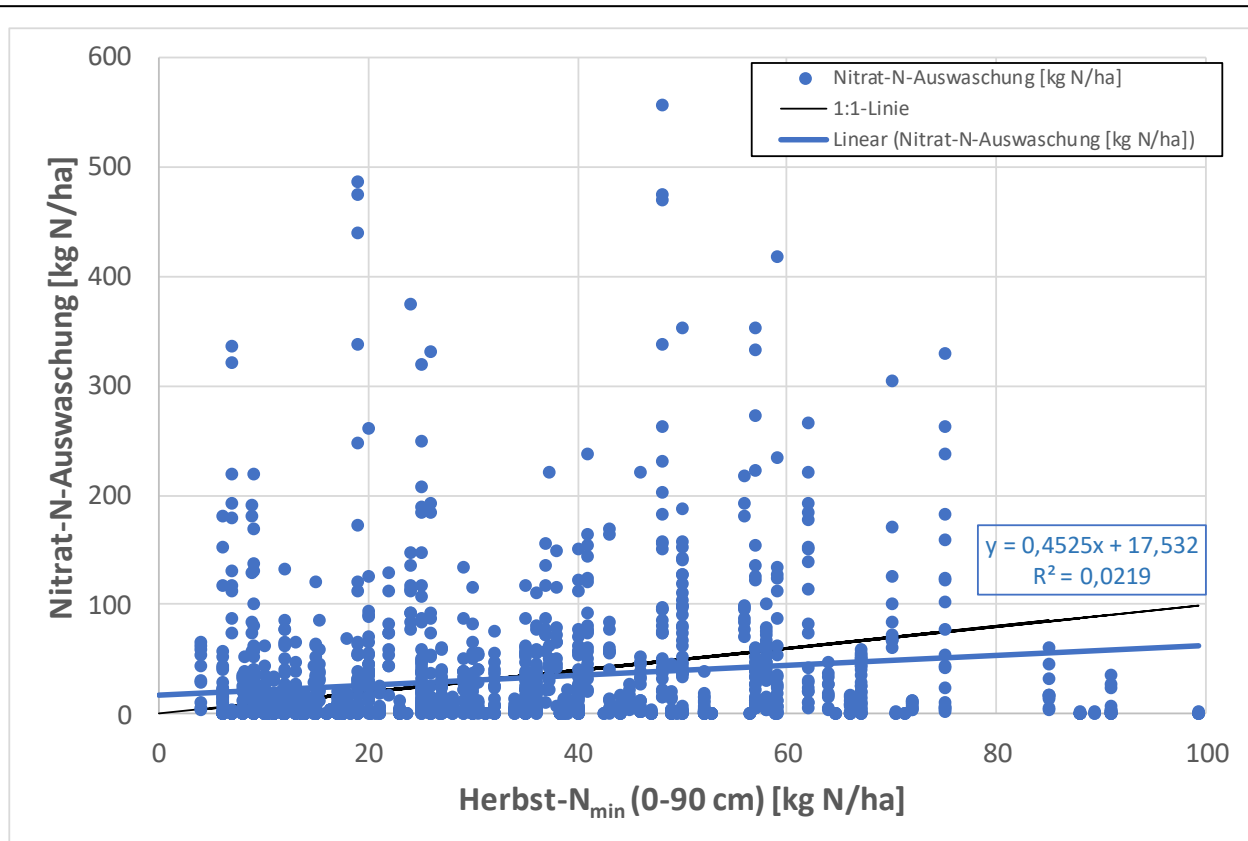


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Herbst-N_{min}-Gehalt und Nitrat-N-Auswaschung für alle Standorte (n = 1669); $p < 0,001$.

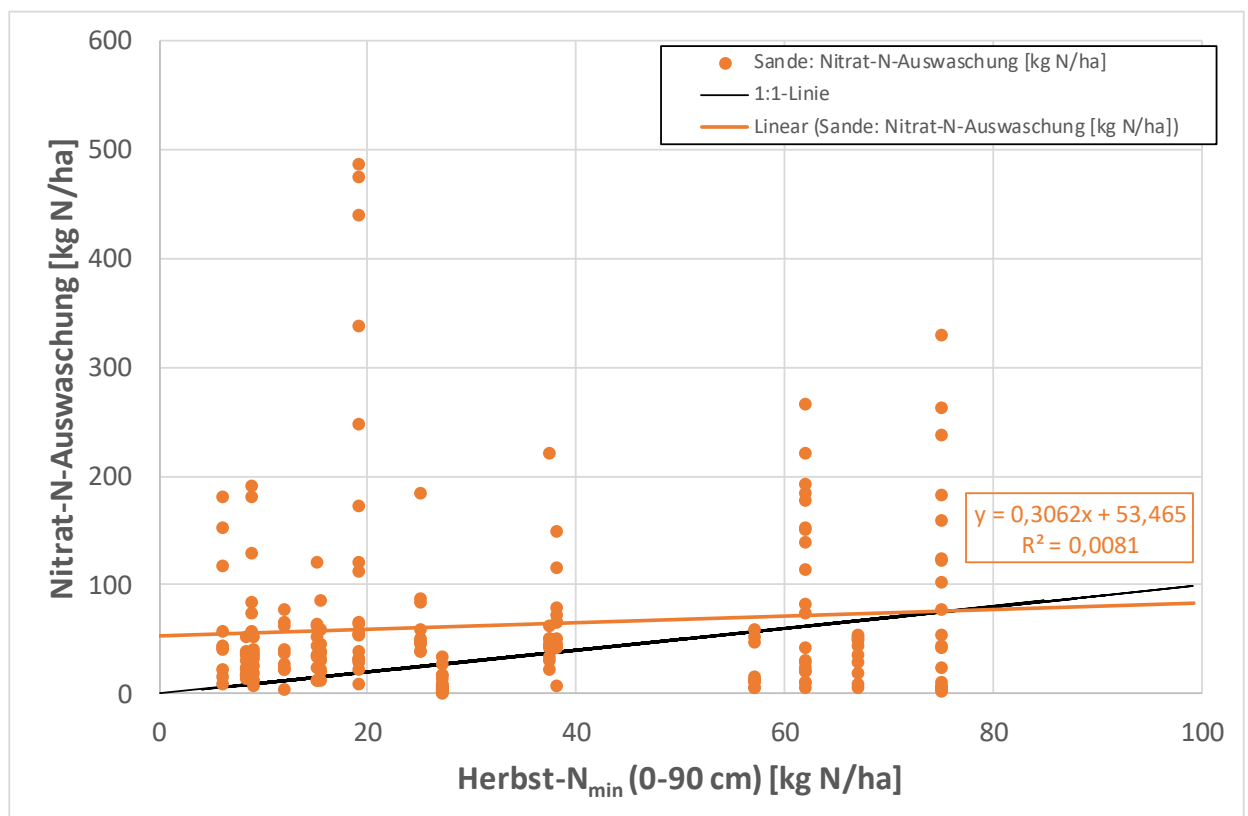


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Herbst-N_{min}-Gehalt und Nitrat-N-Auswaschung für sandige Standorte (n = 199); nicht signifikant.

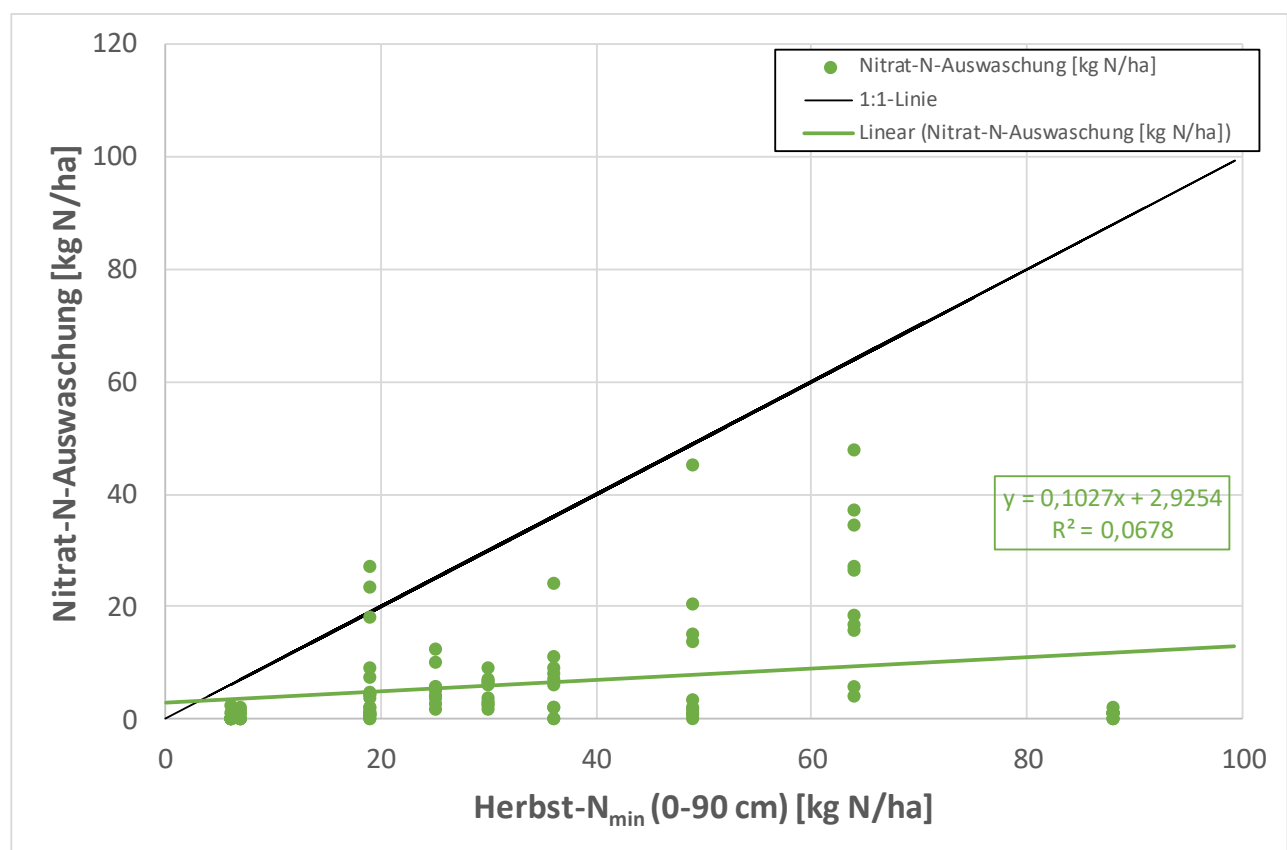


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Herbst-N_{min}-Gehalt und Nitrat-N-Auswaschung für Standorte auf reinem Löss (Uu, Ut2, n = 100); $p < 0,001$.

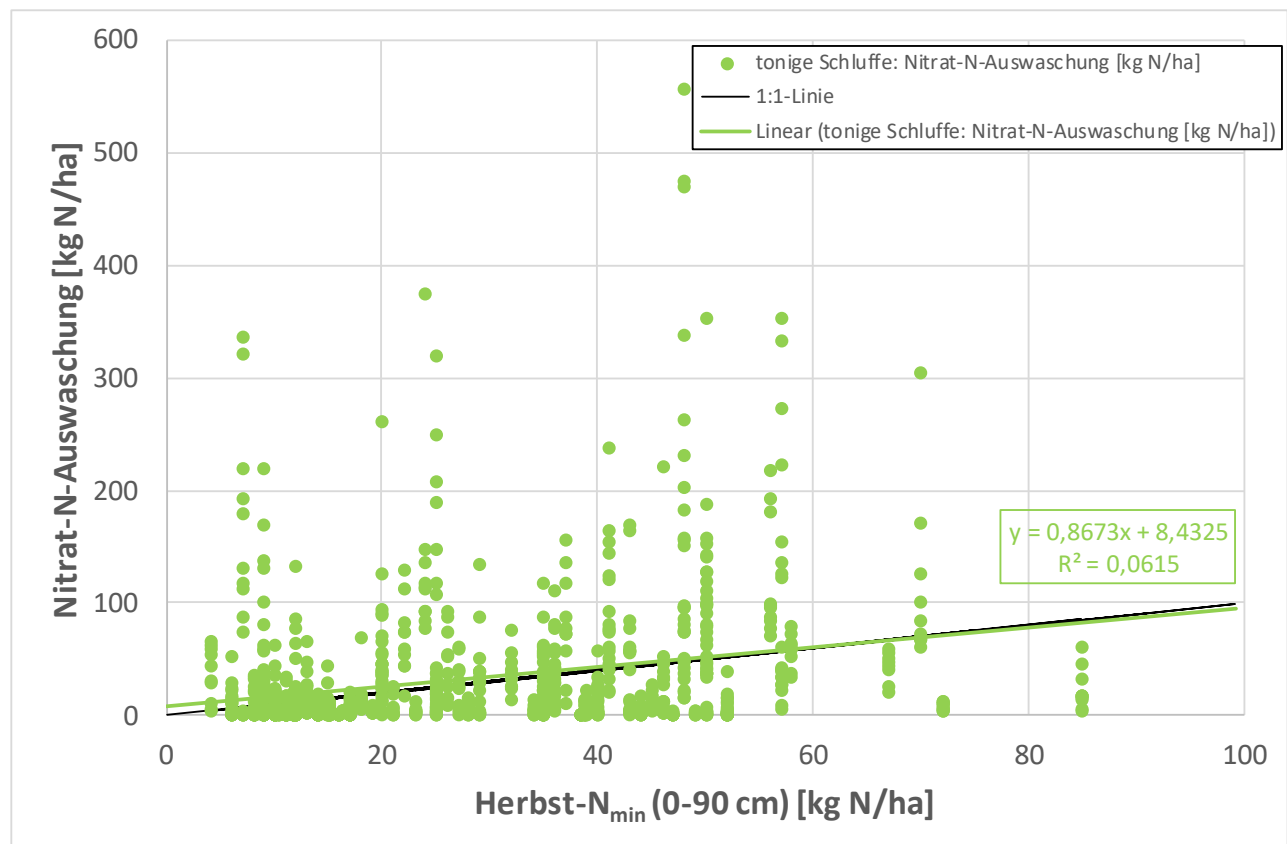


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Herbst-N_{min}-Gehalt und Nitrat-N-Auswaschung für Standorte auf tonigem Schluff (n = 126); $p < 0,001$.

Reine Löss (Schluff)

Für Böden aus reinem Löss (Uu oder Ut2) lagen 100 Wertepaare vor. Die N-Auswaschung lag in fast allen Fällen niedriger als im Sand und maximal auf dem Niveau des Herbst- N_{\min} -Gehaltes (*Abbildung 4*).

Aufgrund der hohen Feldkapazität fand auf diesen Standorten während des Winterhalbjahres häufig keine oder nur eine geringe Grundwasserneubildung statt. Dies spiegelt sich auch darin wider, dass die Sickerwasserfront bis zum Frühjahr teilweise nicht bis in 1 m Tiefe vorgedrungen war.

Dadurch war die N-Auswaschung durch das fehlende Sickerwasser limitiert. Das N-Auswaschungspotenzial, das durch den Herbst- N_{\min} -Restgehalt angegeben wird, konnte daher nicht ausgeschöpft werden.

Tonige Schluffe/Lösslehme

Für Lösslehme liegen mit 1026 am meisten Wertepaare vor, die hoch signifikant korrelieren (*Abbildung 5*). Diese Korrelation basiert jedoch nicht auf einem engen Zusammenhang zwischen Herbst- N_{\min} -Gehalt und N-Auswaschung, sondern auf der hohen Anzahl an Wiederholungen. Die Streuung war hingegen wieder erheblich.

Die Steigung der Ausgleichsgeraden lag mit 0,87 nur leicht niedriger als 1. Dies bedeutet, dass der Herbst- N_{\min} -Gehalt auf diesen Standorten im Mittel (über viele Standorte und mehrere Jahre) dazu geeignet war, die mittlere N-Auswaschung abzuschätzen. Aufgrund von Heterogenitäten der Standorteigenschaften und der Witterung war dies jedoch für bestimmte Schläge in einzelnen Jahren nicht möglich, wie die große Streuung zeigt.

Zusammenfassung

Auf **sandigen Böden** lag die N-Auswaschung meist höher als aus den Herbst- N_{\min} -Werten vorhergesagt, es bestand nur ein schwacher Zusammenhang zwischen dem Herbst- N_{\min} -Gehalt und der tatsächlichen Auswaschung. Dies deutet darauf hin, dass die N_{\min} -Methode das Auswaschungspotenzial aufgrund des frühen Beginns der Auswaschung und der hohen Wasserleitfähigkeit nicht vollständig erfasst.

Unter **reinen Schluffen (Löss)** wurde das N-Auswaschungspotenzial aufgrund der hohen Wasserspeicherefähigkeit selten vollständig ausgeschöpft, sodass die Auswaschung niedriger lag als durch den Herbst- N_{\min} -Wert abgeschätzt.

Für **Lösslehme (tonige Schluffe)** wurde die N-Auswaschung im Mittel zufriedenstellend vorhergesagt. Es scheint ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Wasserleitfähigkeit und Wasserspeicherefähigkeit vorzuliegen.

Auf **Schlagebene** war aufgrund von standörtlichen Heterogenitäten und dem Einfluss der Witterung keine korrekte Vorhersage des Auswaschungspotenzials möglich, was sich in der starken Streuung der Datenpaare widerspiegelt.

Schlussfolgerungen

Der Herbst- N_{\min} -Gehalt ist allenfalls eingeschränkt als Schätzer für die N-Auswaschung geeignet:

Für **schlecht strukturierte Böden** (Sande, reine Löss) ist keinerlei Prognose der N-Auswaschung möglich. Der Einfluss von Naturraum, Textur und Witterung führt bei sandigen Böden meist zur Unterschätzung und bei unstrukturierten, reinen Lössböden zur Überschätzung des Risikos von Nitratauswaschung (Ablehnung von Hypothesen I und II).

Hingegen kann für **gut strukturierte Böden** bei einer ausreichend großen Stichprobenanzahl (z.B. regional und/oder über mehrere Jahre) die mittlere N-Auswaschung mit dem Herbst- N_{\min} -Gehalt abgeschätzt werden (Ablehnung Hypothese I; Annahme von Hypothese II bei großer Stichprobenzahl).

Auf Schlagebene für einzelne Jahre ist hingegen grundsätzlich keine sichere Prognose der N-Auswaschung möglich (Ablehnung von Hypothesen I und II).

Daher ist es als sehr problematisch zu bewerten, dass verschiedene Förderleistungen, z.B. in Wasserschutzgebieten, an der Höhe des Herbst- N_{\min} -Wertes bemessen werden.

Herbst- N_{\min} -Werte sind nach unseren Ergebnissen als Indikator zur Belastung des Grundwassers nur geeignet, wenn landschaftliche, standörtliche und klimatische Gegebenheiten in die Bewertung mit einbe-

zogen werden. Außerdem sollten die starken Jahreseinflüsse berücksichtigt werden, indem ein langjähriges (gleitendes) Mittel betrachtet wird, das über verschiedene Kulturen und Witterungsschwankungen hinweg die starke Variabilität ausgleicht.

Literatur

Bischoff, W.-A. (2009): Development and Applications of the Self-Integrating Accumulators: A Method to Quantify the Leaching Losses of Environmentally relevant Substances. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, Heft 91, Universität Hohenheim, Stuttgart. 145 S.

Maier, J., Müller-Sämann, K., Hölscher, T., Bischoff, W.-A., Schwarz, A. (2011): Platzierung von Harnstoff-Ammoniumsulfat-Lösung bei Mais und Kartoffel am Oberrhein; Endbericht zum Projekt Nr. 2008-2, 131 S.

SchALVO (2001): Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung, Verordnung des Umweltministeriums über Schutzbestimmungen und die Gewährung von Ausgleichsleistungen in Wasser- und Quellschutzgebieten (Baden-Württemberg), vom 20. Februar 2001